

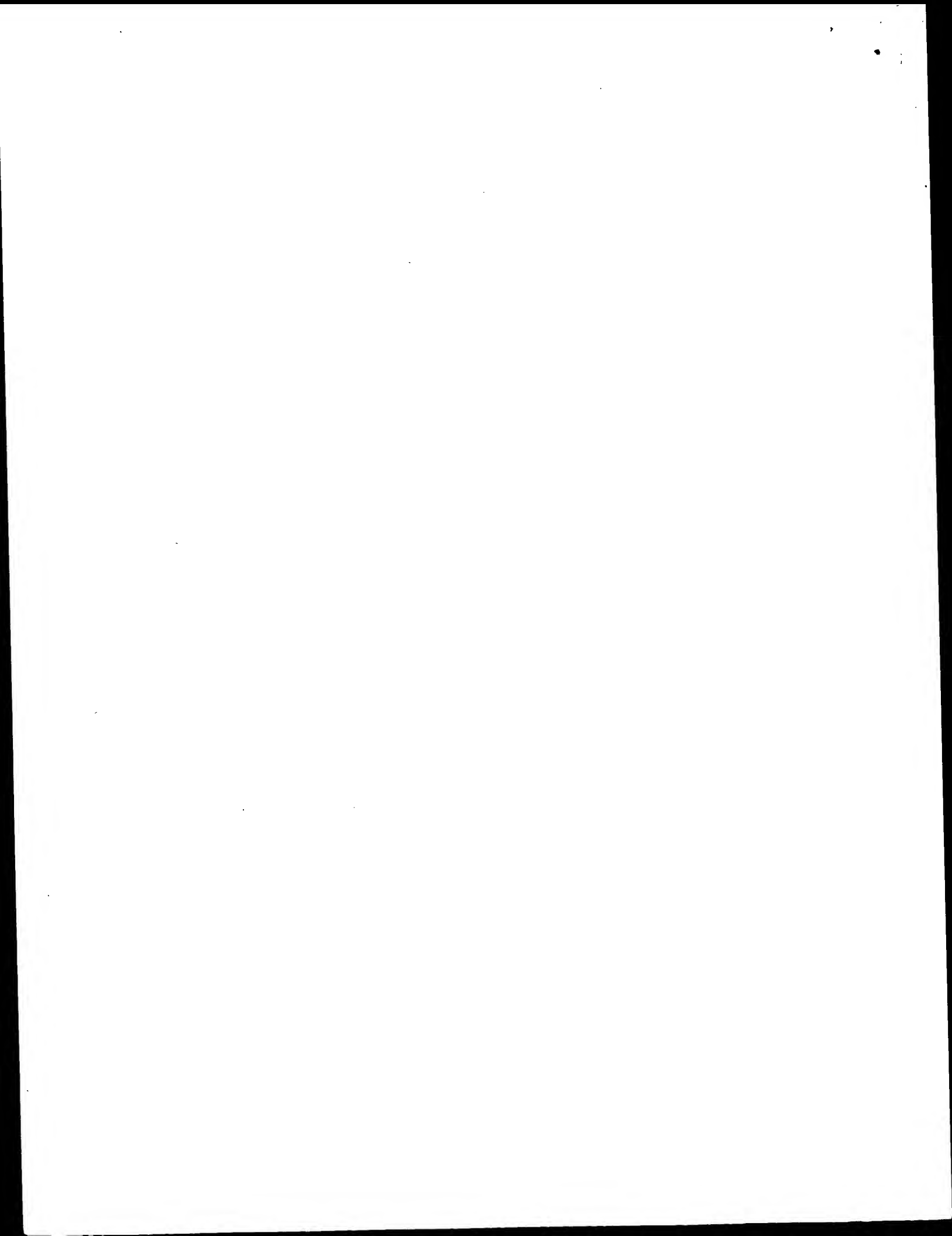
**Apparatus for the generation of hydrogen, apparatus for reduction of carbon monoxide content, apparatus for oxidation of carbon monoxide, apparatus for catalytic burning and method for the production of a catalyst**

Patent Number: ☐ EP0906890  
Publication date: 1999-04-07  
Inventor(s): SCHUESSLER MARTIN (DE); STEFANOVSKI TOMAS (DE); ZUR MEGEDE DETLEF DR (DE)  
Applicant(s):: DBB FUEL CELL ENGINES GMBH (DE)  
Requested Patent: ☐ DE19743673  
Application Number: EP19980118264 19980926  
Priority Number (s): DE19971043673 19971002  
IPC: C01B3/32 ; C01B3/16 ; C01B3/58 ; B01J12/00 ; B01J15/00 ; B01J35/02 ;  
Classification: F23C11/00 ; H01M8/06  
EC Classification: B01J12/00P, B01J15/00P, B01J19/24R4, B01J35/02, C01B3/16, C01B3/32B2, C01B3/58B, H01M8/06B2C, H01M8/06C  
Equivalents: ☐ EP1019183 (WO9917867), A3, ☐ JP11228105, JP3096741B2,  
☐ WO9917867

**Abstract**

Novel catalytic apparatus has a thin layer (10, 10') formed of catalytic material through which the reaction mixture is passed under a pressure drop. An Independent claim is also included for the production of the catalyst by pressing a thin layer of catalyst material (10, 10') forming a molded body.

Data supplied from the esp@cenet database - I2





PO 3184 DE/1

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 43 673 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 01 J 35/02**  
C 01 B 3/40  
// C 07 C 31/04

⑲ Aktenzeichen: 197 43 673.0  
⑳ Anmeldetag: 2. 10. 97  
㉔ Offenlegungstag: 15. 4. 99

DE 197 43 673 A 1

⑦ Anmelder:

DBB Fuel Cell Engines GmbH, 73230 Kirchheim, DE

⑦ Erfinder:

Schüßler, Martin, Dipl.-Phys., 89077 Ulm, DE; Zur  
Megede, Detlef, Dipl.-Chem. Dr., 89347 Bubesheim,  
DE; Stefanovski, Tomas, 71034 Böblingen, DE

⑤ Entgegenhaltungen:

DE 36 24 934 A1  
EP 02 28 885 A2

Chem. Abstr. Nr.: 120:326184 zu JP 0665123 A;  
Chem. Abstr. Nr.: 101:158422;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zur Wasserstoffherzeugung aus Kohlenwasserstoffen und Verfahren zur Herstellung eines Katalysators

⑤7 Zur Wasserstoffherzeugung aus Kohlenwasserstoffen, insbesondere Methanol, unter Zuführung eines Kohlenwasserstoff und Wasser umfassenden Reaktionsgemisches auf einen Katalysator wird ein Katalysator vorge-schlagen, der durch Verpressen mindestens eines Katalysatorpulvers in eine einen Formkörper bildende und stark komprimierte Schicht hergestellt ist, wobei das Reakti-onsgemisch unter Druckabfall durch die Katalysator-schicht hindurchpreßbar ist.

DE 197 43 673 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Wasserstofferzeugung aus Kohlenwasserstoffen, insbesondere Methanol, unter Zuführung eines Kohlenwasserstoff und Wasser umfassenden Reaktionsgemisches auf einen Katalysator sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Katalysators, der insbesondere zur Verwendung in einer derartigen Vorrichtung geeignet ist.

Die Gewinnung von Wasserstoff aus Methanol basiert auf der Gesamtreaktion  $\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$ . Zur Durchführung dieser Reaktion wird in der Praxis ein den Kohlenwasserstoff und Wasserdampf umfassendes Reaktionsgemisch unter Zufuhr von Wärme an einem geeigneten Katalysator entlangeleitet, um in einem zwei- oder mehrstufigen Reaktionsablauf den gewünschten Wasserstoff zu erzeugen. Eine derartige Vorrichtung zur zweistufigen Methanol-Reformierung ist aus der EP 0 687 648 A1 bekannt. In der bekannten Vorrichtung wird das Reaktionsgemisch einem ersten Reaktor zugeführt, in dem nur ein Teilumsatz des Methanols angestrebt wird. Nach dem Durchströmen des ersten Reaktors wird das Gasgemisch, in welchem noch Anteile nicht umgesetzter Edukte enthalten sind, einem zweiten Reaktor zugeleitet, der restumsatzoptimiert aufgebaut ist. Die Reaktoren sind dabei als Platten- bzw. Schüttreaktoren ausgeführt, in welchen der Katalysator in Form einer Schüttung oder Beschichtung der Verteilungskanäle vorgesehen ist. Des weiteren sind Katalysatoren in Form von beschichteten Blechen, Netzen und Schäumen bekannt, die von dem Reaktionsgemisch durchströmt werden.

Aus der EP 0 217 532 B1 ist ein Verfahren zur katalytischen Erzeugung von Wasserstoff aus Gemischen von Methanol und Sauerstoff unter Verwendung eines gasdurchlässigen Katalysatorsystems bekannt, bei dem ein Wasserstoff-Generator mit einer oberen Reaktionszone und einer unteren Reaktionszone vorgesehen ist, wobei das Reaktionsgemisch von Methanol und Sauerstoff in die obere Reaktionszone eingespeist wird. Nach dem Durchströmen der oberen Reaktionszone wird das Reaktionsgemisch in die untere Reaktionszone geleitet, in welcher es durch eine spontane Einleinsung der Oxidation des Methanols zu einem derartigen Anstieg der Temperatur kommt, daß eine teilweise Oxidation des Methanols in Anwesenheit eines Kupfer-Katalysators in der oberen Reaktionszone beginnt und Wasserstoff gebildet wird.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine gattungsgemäße Vorrichtung in möglichst einfacher und kompakter Bauweise bereitzustellen, bei der die für die Umsetzung eines bestimmten Brennstoffmengenstroms nötige Menge an Katalysatormaterial minimiert ist. Des weiteren ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Katalysators anzugeben, mit dem die genannte Minimierung an Katalysatormaterial und die einfache und kompakte Bauweise erzielt werden können.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird eine Vorrichtung zur Wasserstofferzeugung aus Kohlenwasserstoffen mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfaßt demnach einen Katalysator, der durch Verpressen von Katalysatormaterial in eine dünne und großflächige Schicht gebildet ist, wobei das Reaktionsgemisch unter Druckabfall durch den Katalysator hindurchpreßbar ist. Im Unterschied zu den bekannten Wasserstoffreaktoren ist der Katalysator nicht als bloße Oberflächenstruktur ausgebildet, der von dem Reaktionsgemisch nur umströmt wird, sondern als stark komprimierte dreidimensionale Schicht, durch die das Reaktionsgemisch unter starker Druckbeaufschlagung hindurchgepreßt wird. Da-

durch wird eine hohe Auslastung der aktiven Katalysatorzentren und eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit an diesen Zentren erreicht. Aufgrund des starken Druckabfalls beim Durchtritt des Reaktionsgemisches durch die erfindungsgemäße Katalysatorschicht spielen die Strömungswiderstände der Zu- und Ableitung der Edukte und Produkte der Reaktion keine große Rolle, so daß Zu- und Ableitung der an der Reaktion beteiligten Stoffe einfach gestaltet werden kann. Durch die starke Komprimierung des Katalysatormaterials beim Verpressen wird eine sehr kompakte Katalysatorschicht erzielt, was zur Folge hat, daß der Anteil von Gasraum und nicht katalytisch wirksamen Festkörpern (wie beispielsweise Trägerbleche und dergleichen) am Gesamtvolumen und Gewicht des Reaktors gegenüber bekannten Vorrichtungen deutlich verringert ist. Vorzugsweise wird als Katalysatormaterial feinkörniges Katalysatorgranulat bzw. -pulver verwendet. Dadurch wird auch bei hohen Reaktionsgeschwindigkeiten ein guter Stoff- und Wärmetransport zu und von den inneren Bereichen der Katalysatorkörner gewährleistet. Außerdem nimmt der Anteil der durchströmbareren Poren mit abnehmender Korngröße zu, d. h. die Anzahl der "Sackgassen" für die Gasdurchströmung nimmt ab. Beim Durchströmen der Schicht tritt eine starke Verwirbelung der Gase auf, wodurch die Filmdiffusionswiderstände um die Körner des Katalysatormaterials verringert werden, was zu einem verbesserten Wärmetransport durch Konvektion führt.

In Ausgestaltung der Erfindung ist die Katalysatorschicht im wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung des Reaktionsgemisches angeordnet. Dadurch werden besonders kurze Wege für die Gasdurchströmung erzielt. Durch die großflächige und stark komprimierte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Katalysatorschicht genügt bei senkrechter Durchströmung bereits ein kurzer Weg, um unter hohem Druckabfall einen hohen Reaktionsumsatz zu erzielen.

In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist das Katalysatormaterial mit einer Trägerstruktur verpreßt, wodurch das Katalysatormaterial mechanisch stabilisiert ist und/oder eine verbesserte Wärmeleitung vorliegt. Bei der Trägerstruktur handelt es sich vorteilhafterweise um eine dreidimensionale netzartige Struktur (Matrix), die in weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung eine metallene Trägerstruktur ist. Als Metall wird beispielsweise Kupfer, insbesondere dendritisches Kupfer verwendet.

In besonders vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung sind mehrere parallel geschaltete Schichten vorgesehen. Dadurch kann die insgesamt von dem Reaktionsgemisch zu durchströmende Fläche auf mehrere nachgeordnete, jedoch parallel geschaltete Schichten verteilt werden. Diese "Modulbauweise" führt zu einem besonders kompakten Aufbau des Wasserstoffreaktors.

Zur vereinfachten Zu- und Ableitung der an der Reaktion beteiligten Stoffe sind in weiterer Ausgestaltung der Erfindung in der mindestens einen Katalysatorschicht Kanäle zum Leiten von Edukten des Reaktionsgemisches und der Reaktionsprodukte vorgesehen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung erfolgt eine Zuführung von Sauerstoff zu dem Reaktionsgemisch erst in der Ebene der mindestens einen Katalysatorschicht.

Zur weiteren Lösung der Erfindung wird ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 10 vorgeschlagen. Erfindungsgemäß wird demnach zur Herstellung eines insbesondere in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Wasserstofferzeugung verwendbaren Katalysators aus mindestens einem Katalysatorpulver durch Verpressen eine einen Formkörper bildende und stark komprimierte Schicht gebildet.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist dem min-

destens einen Katalysatorpulver ein Metallpulver (beispielsweise Kupfer oder dendritisches Kupfer) beigemischt.

In Ausgestaltung der Erfindung wird der Formkörper im Anschluß an das Verpressen einer Sinterung unterzogen, wodurch eine besonders gute Beständigkeit des erfindungsgemäßen Katalysators erreicht wird.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung werden beim Verpressen in den Formkörper Kanäle zum Leiten von Edukten und Produkten der katalytischen Reaktion eingebracht. Vorteilhafterweise werden diese Kanäle durch Einbringen von in einem nachfolgenden Verfahrensschritt wieder entfernbaren Platzhalterelementen erzeugt. Das Entfernen der Platzhalterelemente erfolgt vorteilhafterweise durch Verbrennen, Pyrolysieren, Lösen oder Verdampfen.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird auf einem bereits gesinterten Formkörper eine weitere Pulverschicht aufgepreßt und anschließend gesintert. Dadurch kann in mehrstufiger Herstellung in einer Art Sandwichstruktur ein Katalysator mit mehreren übereinanderliegenden Schichten hergestellt werden, die durch Einbringen geeigneter Kanäle parallel verschaltet sind. Dadurch kann das gesamte von dem Reaktionsgemisch zu durchfließende Katalysatorvolumen auf eine kleinere Querschnittsfläche aufgeteilt und trotzdem das Konzept des hohen Druckabfalls über einen kleinen Strömungsweg beibehalten werden.

Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung ausführlich beschrieben.

Fig. 1 veranschaulicht in stark schematischer Darstellung die Funktionsweise einer erfindungsgemäßen Katalysatorschicht.

Fig. 2 zeigt in perspektivischer Darstellung eine erfindungsgemäße stapelförmige Anordnung parallel geschalteter Katalysatorschichten.

Fig. 3 zeigt in perspektivischer Darstellung ein weiteres Ausführungsbeispiel einer einzelnen erfindungsgemäßen Katalysatorschicht.

Fig. 1 zeigt schematisch in seitlicher Ansicht eine erfindungsgemäße Katalysatorschicht 10, die durch Verpressen von Katalysatormaterial in eine dünne und großflächige, stark komprimierte Schicht gebildet ist. Die Schicht 10 bildet einen Formkörper mit einer Dicke  $d$ , die beispielsweise 1 mm beträgt. Als Katalysatormaterial wird ein feinkörniges Katalysatorpulver oder -granulat verwendet, dessen Körner einen Durchmesser von ca. 0,5 mm oder kleiner haben. Das Verpressen erfolgt beispielsweise bei Temperaturen von ca. 200° bis 500°C.

Die dargestellte Katalysatorschicht 10 ist Bestandteil einer nicht näher dargestellten Vorrichtung zur Wasserstoffherzeugung, wobei die Edukte des Reaktionsgemisches unter Druckbeaufschlagung im wesentlichen senkrecht zu der Katalysatorschicht 10 auf diese zugeführt und durch sie hindurchgepreßt werden. Beim Durchströmen der Katalysatorschicht 10 erfährt das Reaktionsgemisch einen Druckabfall  $\Delta p$  von ca. 100 mbar und mehr (beispielsweise 1 bis 4 bar). Auf der gegenüberliegenden Seite der Katalysatorschicht 10 treten die katalytischen Reaktionsprodukte im Sinne des eingezeichneten Pfeiles aus.

Um dem Katalysatormaterial eine bessere mechanische Stabilität und/oder verbesserte Wärmeleitung zu verleihen, wird das Katalysatormaterial in eine Trägerstruktur verpreßt. Bei dieser Trägerstruktur handelt es sich vorteilhafterweise um eine netzartige Matrix, die durch Vermischen des mindestens einen Katalysatorpulvers mit einem Metallpulver und Verpressen dieses Gemisches erhalten wird. Beim Verpressen bildet das Metallpulver (insbesondere Kupfer oder dendritisches Kupfer) eine netzartige Matrixstruktur, in

welche die Katalysatorkörner "eingebaut" sind. Besonders geeignet als Ausgangsmaterial für die metallene Matrix sind dendritische Kupferpulver, die sich auch bei einem relativ geringen Massenanteil des Kupferpulvers zur Gesamtmasse der Schicht leicht zu einem Netz zusammenpressen bzw. versintern lassen, eine große Oberfläche haben und selber katalytisch aktiv sind. Durch die Verwendung von dendritischem Kupferpulver wird deshalb ein stabilisierendes, fixierendes und wärmeverteilendes Netz im Mikrometer-Bereich erhalten. Als Trägerstruktur sind jedoch auch nicht-metallene Materialien wie beispielsweise Kohlenstoff denkbar.

Die Katalysatorschicht 10 weist eine relativ große Fläche von beispielsweise 100 cm<sup>2</sup> auf. Um eine kompaktere Bauweise zu erreichen, wird das von dem Reaktionsgemisch zu durchfließende Katalysatorvolumen auf mehrere Schichten aufgeteilt, die jedoch nicht nebeneinander, sondern hintereinander, aber parallel geschaltet angeordnet sind. Eine derartige Anordnung ist in Fig. 2 dargestellt und zeigt einen Stapel von aufeinanderliegenden Katalysatorschichten 10, 10' umfassenden Stapel 20, wobei die in der Zeichnung oben liegenden Schichten zur besseren Veranschaulichung der Wirkungsweise beabstandet zueinander dargestellt sind.

Die Katalysatorschichten 10 weisen Kanäle 12, 14, 14', 16 zum Leiten von Edukten und Produkten der katalytischen Reaktion auf. In dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel sind in der Katalysatorschicht im wesentlichen parallel zu den Längskanten verlaufende Eduktkanäle 12 vorgesehen, die senkrecht zur Flächenebene der Katalysatorschicht durchgehende Führungskanäle bilden, wobei die Eduktkanäle 12 übereinanderliegender Katalysatorschichten 10, 10' im wesentlichen deckungsgleich zueinander angeordnet sind und somit einen durch den gesamten Stapel 20 von oben nach unten durchgehenden Führungskanal für die Edukte des Reaktionsgemisches bilden.

Die Eduktkanäle 12 jeder zweiten Katalysatorschicht 10 stehen mit im wesentlichen parallel zur Flächenausdehnung der Katalysatorschicht 10 verlaufenden Verteilungskanälen 14 in Verbindung, die wenigstens einen Teil des durch die Eduktkanäle 12 eintretenden Reaktionsgemisches in das Innere der Katalysatorschicht 10 ableiten.

Erfindungsgemäß wird demnach jeweils ein Teil des durch die Eduktkanäle 12 eintretenden und durch den Stapel 20 geführten Reaktionsgemisches in jeder zweiten Schichtenebene durch die Verteilungskanäle 14 in das Innere der beiden angrenzenden Katalysatorschichten 10, 10' abgeleitet, wodurch eine Parallelschaltung der übereinanderliegenden angeordneten Katalysatorschichten erreicht wird.

In dem in der Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel sind wie beschrieben pro Katalysatorschicht 10, 10' zwei räumlich getrennte Eduktkanäle 12 vorgesehen. Dies kann dazu genutzt werden, um verschiedene Stoffe des Reaktionsgemisches getrennt voneinander zuzuführen, so daß einzelne Bestandteile des Reaktionsgemisches erst in der Ebene der Katalysatorschicht 10 zusammenkommen.

Vorteilhafterweise wird hierzu eine Katalysatorschicht mit einer Kanalstruktur eingesetzt, wie sie in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 dargestellt ist. Die in Fig. 3 gezeigte Katalysatorschicht 21 weist Eduktkanäle 22a, 22b und Produktkanäle 26 auf, die in ihrer Funktion prinzipiell den in Zusammenhang mit der Fig. 2 beschriebenen Edukt- und Produktkanälen 12 und 16 entsprechen. Abweichend von der in Fig. 2 dargestellten Katalysatorschicht 10 stehen die zwei räumlich getrennt voneinander angeordneten Eduktkanäle 22a, 22b durch die Verteilungskanäle nicht miteinander in Verbindung, sondern die von jedem der Eduktkanäle 22a, 22b ausgehenden Verteilungskanäle 24a bzw. 24b erstrecken sich quer über die Katalysatorschicht 21, enden jedoch

bevor sie den gegenüberliegenden Eduktkanal 22b bzw. 22a erreichen. Dadurch wird eine Anordnung von alternierend ineinandergreifenden Kanälen geschaffen. Wird durch den einen Eduktkanal, beispielsweise den Eduktkanal 22a, eine Mischung aus Methanol und Wasserdampf zugeführt, so kann durch den entsprechend anderen Eduktkanal 22b Sauerstoff (Luft) zugeführt werden. Über die dem jeweiligen Eduktkanal zugeordneten Verteilungskanäle 24a, 24b werden die zugeleiteten Stoffe in der Katalysatorschicht 21 verteilt und treten erst in der Schicht selbst miteinander in Kontakt. Dadurch wird eine besonders homogene und sichere (Explosionsgefahr) Verteilung und Vermischung der Edukte erreicht. Selbstverständlich sind auch andere als die dargestellte Ausführungsformen mit nur einem Eduktkanal oder auch mehr als zwei Eduktkanälen möglich.

Entlang der Querkanten der Katalysatorschichten 10, 10' sind analog zu den Eduktkanälen 12 ausgebildete Produktkanäle 16 angeordnet, die ebenfalls im wesentlichen senkrecht zur Flächenausdehnung jeder Katalysatorschicht 10 verlaufende Führungskanäle bilden, die bei übereinandergelegten Katalysatorschichten 10 jeweils deckungsgleich mit den Produktkanälen der darüber bzw. darunterliegenden Katalysatorschicht 10, 10' zum Liegen kommen. Die Produktkanäle 16 jeder zweiten Katalysatorschicht 10' stehen mit Sammelkanälen 14' in Verbindung, die das aus der jeweils darüber- und darunterliegenden Katalysatorschicht 10, 10' austretende Reaktionsprodukt sammeln und in Querrichtung den Produktkanälen 16 zuführen, mittels welcher die Reaktionsprodukte durch den Stapel 20 abgeleitet werden.

In der dargestellten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Wasserstoffherzeugung verfügen die übereinandergelegten Katalysatorschichten 10, 10' also über jeweils alternierende Funktionsweisen; in den Katalysatorschichten 10 werden die durch die Eduktkanäle 12 zugeführten Edukte verteilt und über Verteilungskanäle 14 über die Fläche der darüber- und darunterliegenden Katalysatorschicht verteilt, wo sie diese im wesentlichen senkrecht und unter einem beträchtlichen Druckabfall durchströmen. In der jeweils folgenden Katalysatorschicht 10' werden die Produkte der katalytischen Reaktion in Sammelkanälen 14 gesammelt und den Produktkanälen 16 zum Abführen der Reaktionsprodukte aus dem Katalysatorstapel 20 zugeführt.

Natürlich ist die Erfindung nicht auf die dargestellte und beschriebene Ausführungsform beschränkt. Vielmehr sind auch Ausführungsformen denkbar, in welchen jede Katalysatorschicht das Zuführen, Verteilen, Sammeln und Abführen der Edukte bzw. Produkte übernimmt. Derartige komplexere Katalysatorschichten können beispielsweise durch Aufpressen und Sintern von pulverförmigen Katalysatormaterial auf bereits gesinterte Katalysatorschichten hergestellt werden.

Erfindungsgemäß werden somit Katalysatorschichten für Wasserstoffreaktoren zur katalytischen Wasserstoffherzeugung bereitgestellt, die einfach und in kompakter Weise herstellbar sind. Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Katalysators wird eine modulare Bauweise ermöglicht, bei dem nur geringe thermische Verluste und keine großen Temperaturgradienten auftreten, wodurch eine über ein großes Volumen homogen ablaufende Reaktion ermöglicht wird. Das gesamte Katalysatorvolumen ist räumlich mit Edukten erreichbar, was zu einer deutlich verbesserten Startdynamik führt. Darüber hinaus wird die Gefahr der Zündung der homogenen Verbrennung von Methanol oder der Knallgasreaktion vermieden.

Durch geeignete Wahl der Prozeßparameter (Preßdruck, Temperatur, Art und Beschaffenheit der Ausgangsmaterialien wie Korngrößenverteilung, Porosität etc.) kann der Fachmann eine auf die jeweiligen Anforderungen zuge-

schnittene und bezüglich Schichtfolge, Wärmeverteilung, Strömungsverhältnisse und mechanische Eigenschaften wie Druckabfall und Stabilität optimierte erfindungsgemäße Katalysatorschicht bzw. Katalysatorschichtenanordnung erzeugen.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Wasserstoffherzeugung aus Kohlenwasserstoffen, insbesondere Methanol, unter Zuführung eines Kohlenwasserstoff und Wasser umfassenden Reaktionsgemisches auf einen Katalysator, dadurch gekennzeichnet, daß der Katalysator mindestens eine durch Verpressen von Katalysatormaterial gebildete dünne und großflächige Schicht (10, 10'; 21) ist, durch die das Reaktionsgemisch unter Druckabfall ( $\Delta p$ ) hindurchpreßbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (10, 10'; 21) im wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung des Reaktionsgemisches angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Katalysatormaterial mit einer Trägerstruktur verpreßt ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerstruktur eine netzartige metallene Trägerstruktur ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die netzartige Trägerstruktur aus Kupfer ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die netzartige Trägerstruktur aus dendritischem Kupfer ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere parallel geschaltete Schichten (10, 10'; 21) vorgesehen sind.
8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der mindestens einen Schicht (10, 10'; 21) Kanäle (12, 14, 14', 16; 22a, 22b, 24a, 24b, 26) zum Leiten von Edukten des Reaktionsgemisches und der Reaktionsprodukte vorgesehen sind.
9. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zuführung von Sauerstoff getrennt von den übrigen Edukten erfolgt.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Zusammenführen und Mischen des Sauerstoffs mit den übrigen Edukten erst in der Schicht (10, 21) erfolgt.
11. Verfahren zur Herstellung eines Katalysators, insbesondere für eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem aus mindestens einem Katalysatorpulver durch Verpressen ein einen Formkörper bildende dünne und stark komprimierte Schicht (10, 10') gebildet wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem dem mindestens einen Katalysatorpulver ein Metallpulver beige-mischt ist.
13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem das Metallpulver Kupferpulver ist.
14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem das Metallpulver aus dendritischem Kupfer ist.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, bei dem der Formkörper im Anschluß an das Verpressen einer Sinterung unterzogen wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, bei dem beim Verpressen in den Formkörper Kanäle (12, 14, 14', 16; 22a, 22b, 24a, 24b, 26) zum Leiten von

Edukten und Produkten der katalytischen Reaktion eingebracht werden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem die Kanäle (12, 14, 14', 16; 22a, 22b, 24a, 24b, 26) durch Einbringen von in einem nachfolgenden Verfahrensschritt wieder entfernbaren Platzhalterelementen erzeugt werden. 5

18. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem die Platzhalterelemente durch Verbrennen, Pyrolysieren, Lösen oder Verdampfen entfernt werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 18, bei dem auf einem bereits gesinterten Formkörper eine weitere Pulverschicht aufgepreßt und anschließend gesintert wird. 10

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -



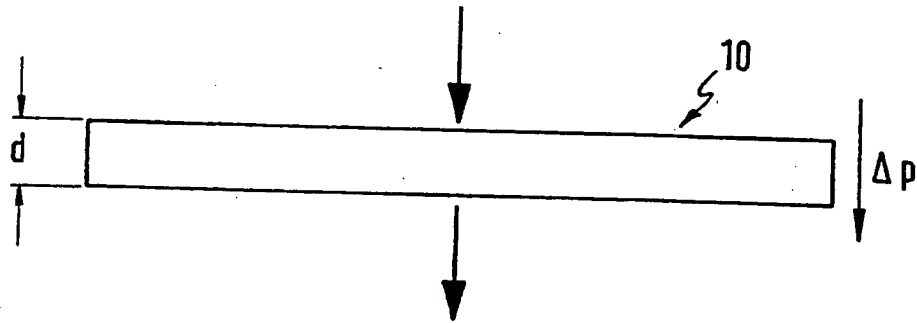


Fig. 1

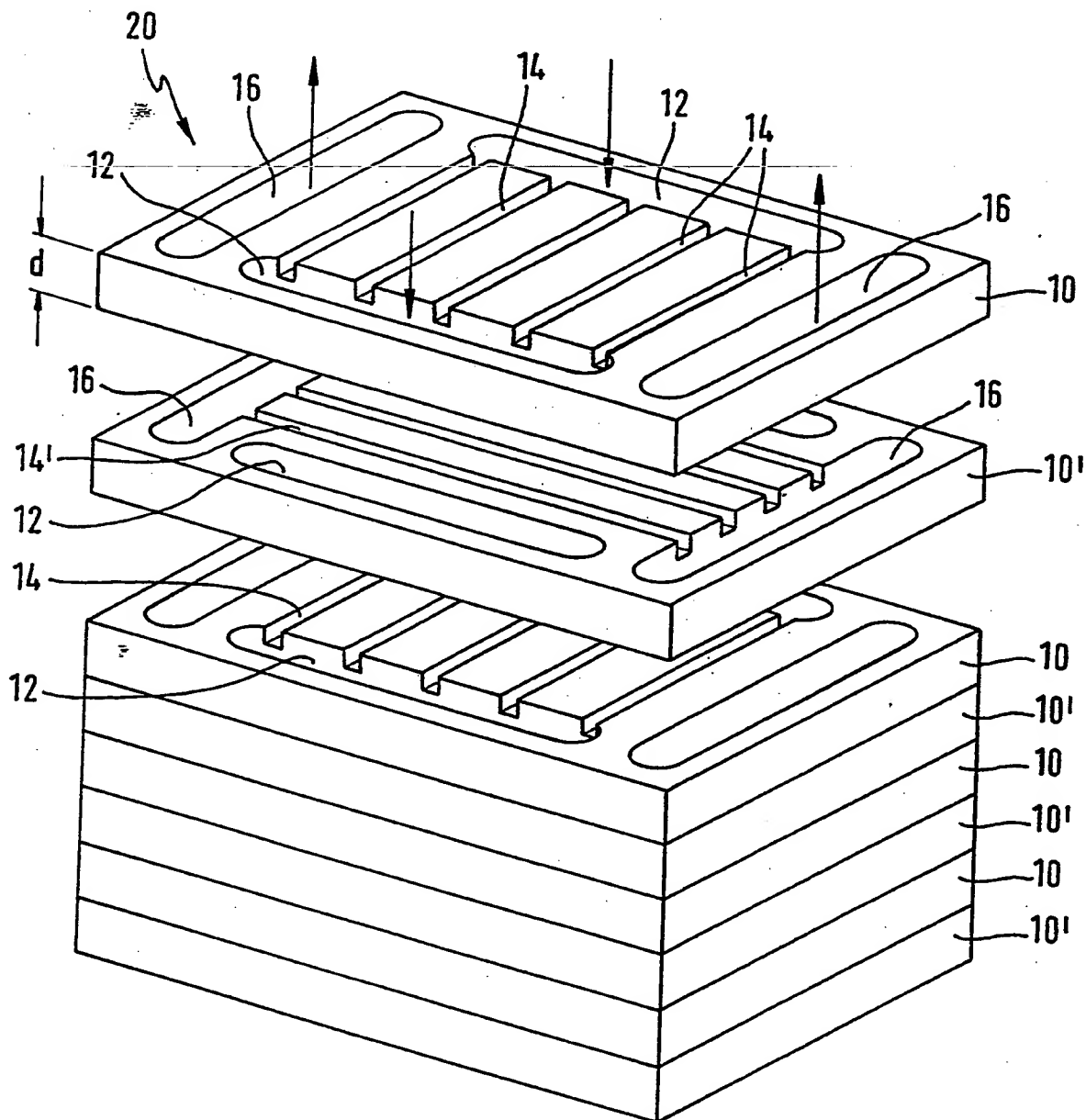


Fig. 2

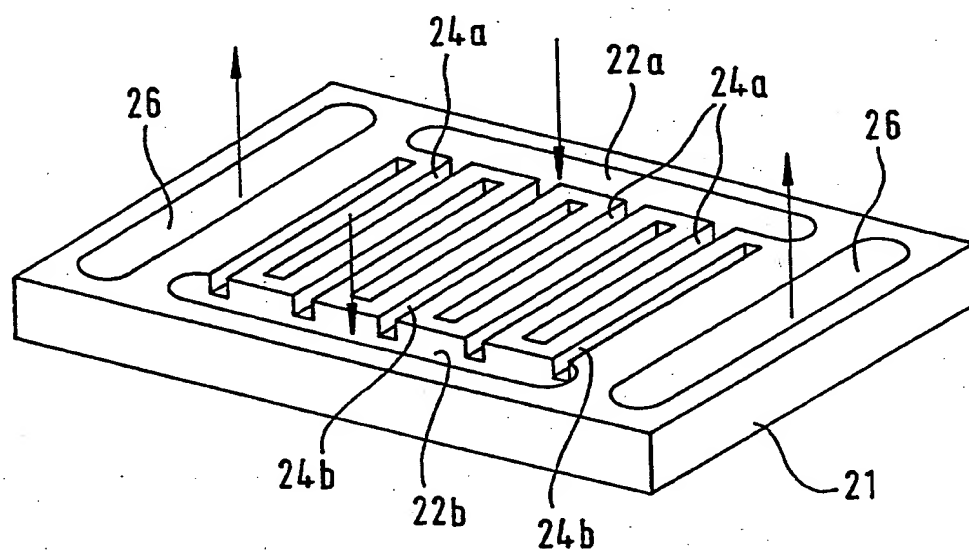


Fig. 3